

# 基于SLIC超像素的茶叶嫩芽图像分割方法研究

夏华鹞<sup>1</sup>, 方梦瑞<sup>1</sup>, 黄涛<sup>1</sup>, 吕军<sup>2\*</sup>

(1. 黄山学院信息工程学院, 安徽 黄山 245041; 2. 浙江理工大学信息学院, 浙江 杭州 310018)

**摘要:** 准确识别茶叶嫩芽是实现茶叶智能采摘的前提。针对自然环境下的茶叶嫩芽图像分割受天气、光照等因素影响较大, 提出基于SLIC超像素的嫩芽分割方法。提取R、G、B、H、S、V、Y、Cb、Cr、超红、超绿、Cg、R-B、G-B共14个颜色分量, 分析发现以超红、Cg和G-B三分量合成彩图中嫩芽与背景对比度较大, 作为待分割对象图; 利用SLIC超像素分割算法获取超像素块, 并对每个超像素块提取平均横坐标、平均纵坐标、平均超红、平均Cg、平均G-B 5个特征作为分割依据; 利用阈值分割、小目标去除、填充和“逻辑与”等操作, 得到茶叶嫩芽彩色分割图。对不同地域、不同环境下嫩芽图像进行实验表明, 基于SLIC超像素的嫩芽分割平均分割精度达75.6%, 较传统G-B阈值分割平均精确度高16.6%。该方法不仅能抑制光照等因素对茶叶图像的影响, 还能有效分割茶叶嫩芽, 鲁棒性较强。

**关键词:** 茶叶嫩芽; 超像素; 简单线性迭代聚类; 图像分割

**中图分类号:** TP391.41; S571.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1891(2019)04-0075-03

## Study on the Method of Image Segmentation of Tea Sprouts Based on SLIC Super-pixel

XIA Huakun<sup>1</sup>, FANG Mengrui<sup>1</sup>, HUANG Tao<sup>1</sup>, LV Jun<sup>2\*</sup>

(1. School of Information Engineering, Huangshan University, Huangshan, Anhui 245041, China; 2. School of Information Science and Technology, Zhejiang Sci-tech University, Hangzhou, Zhejiang 310018, China)

**Abstract:** Accurate identification of tea sprouts is a prerequisite to intelligent tea picking. As the image segmentation of tea sprouts under natural environment is greatly affected by weather, light and other factors, we proposed a segmentation method for tea sprouts based on SLIC super-pixel. Fourteen color components (R, G, B, H, S, V, Y, Cb, Cr, super-red, super-green, Cg, r-b, g-b) were extracted. The SLIC super-pixel segmentation algorithm was used to obtain the super-pixel blocks, and the average abscissa, average ordinate, average super-red, average Cg and average g-b were extracted from each super pixel block as the segmentation basis. Threshold segmentation, small target removal, filling and “logic and” operations was used to get the color images of tea. Experiments showed that the average accuracy of tea sprouts segmentation in different regions and environments based on SLIC super-pixel reached 75.6%, which was 16.6% higher than that of traditional G-B threshold segmentation. This method can not only counter the effect of light and other factors on tea images, but also effectively segment tea sprouts with robustness.

**Keywords:** tea sprouts; super-pixel; simple linear iterative clustering; image segmentation

中国是茶叶生产大国, 及时、准确地采摘茶叶嫩芽是保障成茶质量的重要环节之一。目前, 茶叶嫩芽采摘以人工采摘为主, 该方式存在工作强度大、效率低, 成本高、主观因素大等不足。随着计算机视觉技术的应用与发展, 基于图像处理的茶叶嫩芽分割, 研究对象从单株茶叶<sup>[1]</sup>到多株茶叶<sup>[2]</sup>, 背景从单一<sup>[3]</sup>到自然环境<sup>[4]</sup>、方法从单一颜色分割<sup>[5]</sup>到多

特征融合<sup>[6]</sup>, 以期满足自然环境下准确识别和定位嫩芽的要求。大部分研究借助于不同分量的颜色特征作为分割依据, 其分割结果受天气、光照和老叶等影响较大, 且自然环境下茶叶遮挡等增大了分割难度。

近年来, 超像素表现出对自然场景下图像较强的鲁棒性, 在图像分割研究方面得到广泛应用<sup>[7,8]</sup>。

**收稿日期:** 2019-04-18

**基金项目:** 安徽省高校自然科学研究项目(KJHS2018B11); 国家级大学生创新训练计划项目(201810375015); 安徽省大学生创新训练计划项目(201810375091)。

**作者简介:** 夏华鹞(1998—), 安徽马鞍山人, 本科生, 研究方向: 图像识别。\*为通信作者。

超像素可作为分割算法的预处理部分,将图像中具有相同颜色、纹理等特征的相邻像素组合构成像素块,在很大程度上降低图像处理的复杂度,提高分割效率。本文提出基于简单线性迭代聚类(Simple Linear Iterative Clustering Super-pixel, SLIC)超像素的茶叶嫩芽智能分割方法,为后期自然环境下嫩芽智能识别与采摘提供依据。文中所有程序均在 Matlab 2017a 环境下编译运行。

### 1 超像素分割

2003 年 Xiaofeng-Ren 等人<sup>[9]</sup>最早提出了超像素概念。超像素是将图像中具有相同特质的相邻像素点聚集成块,每个像素块具有相似的颜色特征和轮廓结构,且都可单独作为一个像素点进行图像处理,用相对较少的超像素块完整地表达图像中有效信息,大大降低图像处理规模,运算复杂度有效减少。因此,超像素技术也越来越多地被应用到目标识别<sup>[10]</sup>、目标跟踪<sup>[11]</sup>、人体姿势估计<sup>[12]</sup>等众多领域。

常见超像素分割方法有 Graph-based 方法<sup>[13]</sup>、Ncut<sup>[14]</sup>算法、基于熵率算法<sup>[15]</sup>、Turbo-pixels<sup>[16]</sup>方法以及 SLIC<sup>[17-18]</sup>算法等。本文采用 SLIC 算法对图像超像素分割,可以快速产生大小均匀、紧凑的超像素块。

### 2 SLIC 超像素分割算法

SLIC 超像素,是 2010 年 Achanta 等在原有聚类思想上提出的简单线性迭代聚类算法。该算法将图像映射到 CIELab 颜色空间中,在 Lab 和 xy 坐标构成的五维向量 $[L a b x y]$ 里进行计算,其中 $[x,y]$ 是像素点坐标, $L$ 表示亮度, $a$ 、 $b$ 代表两种颜色。将图像从 RGB 转换为 CIELab 颜色空间,需从 RGB 空间先转换到 CIEXYZ 颜色空间,再转换到 CIELab 颜色空间。具体过程如式(1)~式(3)所示:

$$\begin{cases} R = \text{gamma}\left(\frac{r}{255}\right) \\ G = \text{gamma}\left(\frac{g}{255}\right) \\ B = \text{gamma}\left(\frac{b}{255}\right) \end{cases} \quad \text{gamma}(x) = \begin{cases} \left(\frac{x+0.055}{1.055}\right)^{2.4} & (x > 0.04045) \\ \frac{x}{12.92} & (x \leq 0.04045) \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = M * \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad [M] = \begin{bmatrix} 0.412 & 4.0357 & 6.0180 & 5 \\ 0.212 & 6.0715 & 2.0072 & 2 \\ 0.019 & 3.0119 & 2.0950 & 5 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{cases} L = 116 \cdot f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16 \\ a = 500 \left[ f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) \right] \\ b = 200 \left[ f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) \right] \end{cases} \quad f(t) = \begin{cases} t^{\frac{1}{3}} & (if \ t > \left(\frac{6}{29}\right)^3) \\ \frac{1}{3} \left(\frac{29}{6}\right)^2 t + \frac{4}{29} & (if \ t \leq \left(\frac{6}{29}\right)^3) \end{cases} \quad (3)$$

设定分割出大小相近的超像素个数为 M 个,对于含有 N 个像素的图像,则每个超像素的大小近似为  $N/M$ , 相邻两个超像素的中心点间距  $S = \sqrt{N/M}$ 。设第 M 个超像素的初始聚类中心为  $C_m = [l_m a_m b_m x_m y_m]^T$  (其中  $m \in [1, M]$ ), 则可在聚类中心点  $(x_m, y_m)$  的  $2S \times 2S$  邻域范围内搜索类似像素, 在搜索区域内每个像素与所有聚类中心比较, 选择最近聚类中心与之相关联。算法中通过引入距离度量方法 D 确定最近聚类中心:

$$\begin{aligned} d_{Lab} &= \sqrt{(L_m - l_i)^2 + (a_m - a_i)^2 + (b_m - b_i)^2}, \\ d_{xy} &= \sqrt{(x_m - x_i)^2 + (y_m - y_i)^2}, \\ D_s &= d_{Lab} + \frac{b}{S} d_{xy}. \end{aligned} \quad (4)$$

其中,  $d_{Lab}$  代表颜色距离分量,  $d_{xy}$  表示空间距离分量,  $D_s$  为最终距离度量, 其取值越小说明该像素点与聚类中心越相似。  $D_s$  引入平衡参数  $b$ , 控制超像素的紧密程度,  $b$  越大则空间距离越大, 产生聚类更紧凑,  $b$  的范围可选在  $[1, 40]$ 。

当图像中的每个像素与最近聚类中心完成关联, 则更新聚类中心点的位置为属于该类别的所有像素的平均向量  $[Labxy]^T$ , 通过不断迭代重复此过程, 直至收敛形成 M 个超像素。

### 3 基于 SLIC 超像素的茶叶嫩芽分割

#### 3.1 提取茶叶图像的颜色分量

为选择对比度较大的茶叶图像, 对茶叶图像的 RGB、HSV、YCgCr3 种颜色空间下 9 个分量和 R-G 色差图、G-B 色差图、超红 (Exress Red)、超绿 (Exress Green)、Cg 共 14 个分量图进行统计分析发现, G-B 色差图、超红分量、Cg 分量中嫩芽与背景具有较大的差异。其中超红、G-B 和 Cg 定义如下:

$$\begin{aligned} \text{超红 ExR: } ExR &= 2 * R - G - B \quad (R, G, B \text{ 分别表示为彩色图像 R 分量, G 分量, B 分量}) \\ \text{G-B: } GB &= G - B \\ \text{Cg: } Cg &= 128 + 65.481 / 256 * R + 112 / 256 * G - 81.085 / 256 * B \end{aligned}$$

对茶叶图像进行超红、Cg 和 G-B 3 分量提取并合成, Matlab 部分程序和效果如下(茶叶 RGB 及分量合成如图 1、图 2 所示):

```
rgb=imread('chaye.jpg'); %读取茶叶图片
R=rgb(:,:,1); %R 红分量
G=rgb(:,:,2); %G 绿分量
B=rgb(:,:,3); %B 蓝分量
ExR=2*R-G-B; %超红分量
```

$$C_g=128 + 65.481/256*R + 112/256*G-81.085/256*B; \%C_g \text{分量}$$

$$GB=G-B; \%G-B \text{色差图}$$

$$I=\text{cat}(3,\text{ExR},C_g,GB); \%3 \text{种颜色分量合成}$$



图1 茶叶RGB图像



图2 茶叶颜色分量合成图

### 3.2 茶叶嫩芽超像素分割

对茶叶合成图进行SLIC超像素分割,效果如图3所示。超像素分割具体过程如下:

(1) 设定超像素分割的个数100个,计算超像素大小,初始聚类中心  $C_m=[l_m a_m b_m x_m y_m]^T$  在间隔为S的网络节点上;

(2) 将聚类中心3×3邻域范围内最小梯度的位置作为新的聚类中心;

(3) 对每个新的聚类中心,在其2S×2S邻域内搜索像素点,将所有像素与其最近的聚类中心相关联;

(4) 计算新的聚类中心和剩余误差E,并重新聚类,重复迭代;

(5) 当误差E小于设定阈值,则结束迭代,得到超像素。

提取每个超像素的平均横坐标、平均纵坐标、平均超红分量、平均C<sub>g</sub>分量、平均G-B分量信息特征,根据这些特征求出每个超像素的全局显著性<sup>[9]</sup>,结果如图4所示。将所得到的全局显著图和原始茶叶RGB图像进行逻辑“与”,得到茶叶嫩芽的彩色区域,如图5所示。

### 3.3 茶叶嫩芽分割评价

为验证算法的有效性,选取5个样本晴天和阴天环境下的图像作为SLIC超像素分割,并与传统单一颜色分量分割方法进行比较,采用分割精度进行结果统计分析。统计结果如表1所示。分割效果对

表1 茶叶嫩芽分割精度对比表

	样本1	样本2	样本3	样本4	样本5	平均
SLIC超像素分割	晴天 0.820 058	0.680 958	0.713 029	0.843 007	0.657 749	0.742 960 2
	阴天 0.753 981	0.830 717	0.693 548	0.762 685	0.796 788	0.767 543 8
G-B阈值分割	晴天 0.630 219	0.562 689	0.684 901	0.512 068	0.547 473	0.587 470 0
	阴天 0.591 756	0.717 480	0.558 617	0.546 432	0.552 379	0.593 332 8

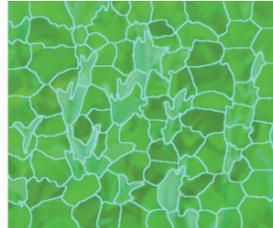


图3 合成后茶叶SLIC聚类图像

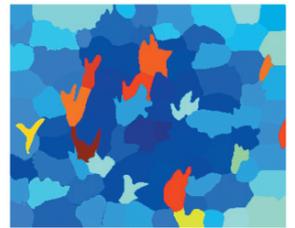


图4 基于SLIC茶叶全局显著性图



图5 基于SLIC茶叶嫩芽分割图(一)



图6 晴天环境下茶叶嫩芽图片



图7 G-B阈值分割图

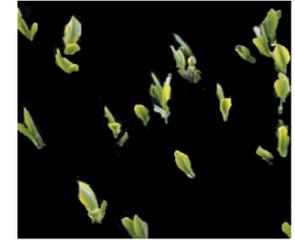


图8 基于SLIC茶叶嫩芽分割图(二)

比如图6~图8所示。

在阴天情况下,基于SLIC超像素和G-B阈值分割的茶叶嫩芽分割精度分别为76.8%和59.3%,比相应晴天环境下嫩芽分割精度高2.5%和0.6%,是因为阴天环境下光强对茶叶图像影响较小。基于SLIC超像素的嫩芽分割平均精度达75.6%,比单一色差分量G-B阈值分割精度高16.6%,SLIC超像素分割方法将茶叶图像颜色特征和轮廓特征相结合,减少单一颜色受光照的影响,茶叶嫩芽分割鲁棒性更强。

## 4 结论

自然环境下的茶叶嫩芽图像分割受光照、雨水、灰尘、老叶和枝干的影响较大,本文选择茶叶图像的ExR分量、C<sub>g</sub>分量、G-B分量合成图作为待分割图,通过SLIC超像素算法分割图像,最后采用逻辑运算实现茶叶嫩芽的识别。通过对多幅茶叶图像的实验,发现基于SLIC超像素算法的茶叶嫩芽分割方法具有较高的鲁棒性,分割效果明显,为后期茶叶嫩芽智能采摘提供理论基础。

表3 学生对课程意见汇总

组别	因素		
	对课程安排的意见	对校外实训企业的意见	自己的收获与不足
对照组	多数学生只是应付性的提意见,多表扬,基本不批评。		多数学生对课程的认识,但都不深入。
观察组1	60%学生反映更喜歡企业,认可“实训室+企业”的教学模式改革。	多数学生能够深入说出校外实训企业带给自己的帮助	突出校外企业实训效果,忽略校内实训室的作用,对自己有较清晰的认识。
观察组2	90%学生认可“实训室+企业”的教学模式改革,并建议增加校外企业实训时间。	多数学生能够深入说出校外实训企业带给自己的帮助,并能与校内实训室进行对比	更能全面分析校内实训室与校外企业带给自己的帮助,自我认识深刻。

学生表现。学生对此兴趣不浓;缺乏自律;不认真;认为老师不会难为自己的实训分数。另据校外指导教师和负责人访谈意见反馈的意见:学生对企业的真实工作很有兴趣;能够积极回答校外指导教师的提问,甚至能给校外指导教师出谋划策;学生能够严格要求自己,遵守纪律,从不迟到早退。

### 2.3 学生成绩分析

下面通过对学生成绩、成绩评定组成部分和成绩分布等三个指标对比观察组1、观察组2和对照组的情况,见表4。

表4 学生成绩评定结果

组别	因素		
	成绩评定指标	成绩评定组成部分	成绩分布
对照组	校内实训评定	校内点名占30%、课堂表现占30%和实训报告占40%	合格分数较多,良好分数一般,优秀分数较少
观察组1	校内实训评定+校外实训评定	校内点名占15%、课堂表现占15%、实训报告占20%、企业实训鉴定成绩占25%和企业实训总结报告占25%	合格和优秀分数较多
观察组2	校内实训评定+校外实训评定	校内点名占15%、课堂表现占15%、实训报告占20%、企业实训鉴定成绩占25%和企业实训总结报告占25%	合格和良好分数较多

从表4可知,相比“先校内后企业”模式,“先企业后校内”模式更有助学生遵守校内纪律,加强校内学习,提高学习成绩。汇总学生总结会表述的情况:先在企业实训有助于培养自己的习惯;先在企业实训有助于激发实训的兴趣;先在校内实训使自己延续之前的习惯,到企业后有无所谓的心态;先在校内实训使学生对实训失去兴趣。

另据校外指导教师和负责人的访谈情况汇总:第一批到企业的学生更能很快适应企业工作环境,更能积极主动学习,遵守纪律方面等表现更好。他们认为,第二批学生经过校内实训,对实训内容有一定的了解,所以到企业后就不认真,不积极,没兴趣等。

## 3 结论及启示

### 3.1 研究结论

通过对观察组1和观察组2以及对照组的比较分析,得出以下结论:

#### 3.1.1 “实训室+校外企业”教学模式有助于学生学习

对比对照组,可以看出,观察组1和观察组2的学生无论在学习态度和学习内容上,还是在学习成绩上均具有较大的提高,这说明学生在学习期间有机会到企业实训,学习效果会得到较大提高,“实训室+企业”教学模式在金融综合业务实训课程上的改革应用是成功的。

#### 3.1.2 “实训室+校外企业”教学模式有助于专业建设

对比对照组,观察组1和观察组2的学生均取得了一定的进步,为金融管理专业其他课程的改革奠定了基础,为金融管理专业发展提供了借鉴。

#### 3.1.3 “先企业后校内”模式更有助于学生学习

对比观察组1,发现观察组2的学生成绩更优秀,这说明通过在校外企业实训,学生更加认识到学习的重要性和校内实训的优点,促使他们更加珍惜校内实训,努力提高成绩。

#### 3.1.4 校外企业实训带给学生更真实的场景和任务

通过以上分析发现:校外企业具有真实的实训场景和实训任务,更能激发学生实训的兴趣,培养学生养成遵守实训纪律、严格实训的习惯等。

### 3.2 启示

通过以上分析,发现“实训室+校外企业”教学模式有助于教学和学生学学习,但也未达到最佳效果,仍需不断努力进行教学模式改革。此次课程教学模式改革给我们的启示如下:

#### 3.2.1 课程改革尝试有助于教学和专业建设

通过以上分析,不难发现,课程改革有助于学